

2

Perfis de Intemperismo

2.1.

Introdução

As mudanças bruscas de temperatura, a umidade do solo e a constante atividade dos seres vivos tende a modificar as rochas. Este processo de modificação é o que se chama de *intemperismo*, e se define como as mudanças bruscas que acontecem nos minerais e as rochas perto da superfície da Terra por efeitos da atmosfera, água, plantas e da vida animal (Judson, 1996).

2.2.

Conceito de Intemperismo

Para dar um conceito claro do que é intemperismo, e de como este processo afeta às rochas deve-se começar pela definição do termo alteração.

O termo alteração deve ser entendido como qualquer modificação experimentada por uma rocha, seja de ordem física, química ou biológica e, ainda podem ser de domínio endógeno e exógeno. (Barroso, 1994).

Os principais tipos de alteração que afetam as rochas são a alteração primária e a alteração meteórica ou secundária, na qual se encaixa a alteração intemperica ou intemperismo (Judson, 1996).

2.3.

Tipos de Intemperismo

2.3.1.

Intemperismo Mecânico

É um processo em que as rochas se quebram em pequenos fragmentos como resultados da energia desenvolvida pelas forças físicas, ocorre em regiões de clima árido, semi-árido, quente e frio (Texeira, 2000).

As mudanças de temperatura muito rápidas e elevadas podem provocar o intemperismo mecânico da rocha. O aquecimento rápido e violento da zona exterior da rocha provoca expansão, e se esta é suficientemente grande, podem se desprender pequenas lascas ou fragmentos maiores de rocha.

Por outro lado o gelo é muito mais efetivo que o calor para produzir intemperismo mecânico. A expansão da água à medida que passa do estado líquido ao sólido, desenvolve pressões dirigidas para o lado de fora desde as paredes interiores da rocha. Os fragmentos de rocha intemperizada mecanicamente têm forma angular e seu tamanho depende principalmente da natureza da rocha que procedem (Texeira, 2000).

2.3.2.

Intemperismo Químico

Chamado também de decomposição das rochas, é um processo mais complexo que o mecânico. Caracteriza-se pela reação química entre a rocha e soluções aquosas diversas. Estes processos acarretam no desaparecimento de certos minerais, originando a alteração das rochas e conseqüentemente aparecimento de outros minerais, por precipitação de soluções aquosas que contém produtos solúveis, assim como minerais resultantes da alteração dos originais.

Um outro ponto importante que merece a pena comentar é um processo de intemperismo diferencial que acontece com muita freqüência nos maciços rochosos de Rio de Janeiro. O intemperismo diferencial é o processo por médio do qual, diferentes seções de um maciço rochoso se intemperizam a distintas velocidades. Estas diferentes velocidades de intemperismo se devem principalmente a variações na composição da rocha; uma segunda causa de intemperismo diferencial é simplesmente a variação da intensidade do intemperismo de uma seção a outra na mesma rocha (Judson, 1996).

2.4.

Fatores de Formação.

A composição e textura da rocha de origem são fatores importantes só nos primeiros estágios de intemperismo, pois sua influência decresce com o aumento da duração do intemperismo. Admitindo que diferentes tipos de rochas tenham sido submetidas aos mesmos processos de intemperismo, cada tipo de rocha tem sua curva de alteração no tempo (para uma determinada propriedades física, química, geomecânica ou dinâmica), como mostra a figura 2.1. Nesta figura estão apresentadas três curvas ideais de alterabilidade, para três tipos bem distintos de rocha (Ladeira & Minette, apud Sertã (1986)).

Como pode ser visto pelas curvas (Fig. 2.1), o tempo necessário para que haja alteração total da rocha é muito maior para as rochas ácidas, seguindo-se as neutras e as ultrabásicas, isto é, o tempo de alteração diminui quando diminui a acidez da rocha (Sertã, 1986).

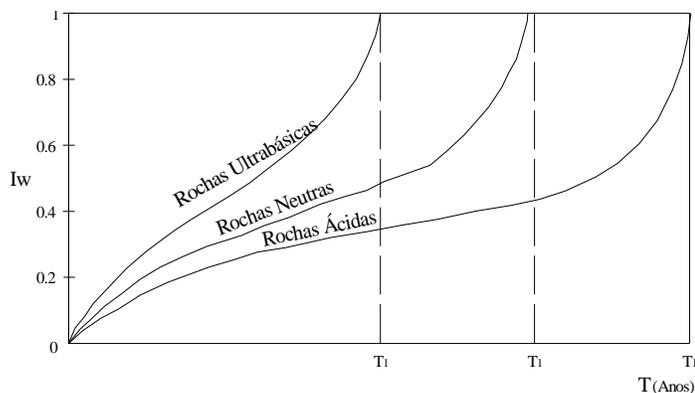


Figura 2.1 – Curvas de alterabilidade de rochas ácidas, neutras e ultrabásicas; Sertã (1984).

Uehara, apud Sertã (1986) sugere que a formação de um tipo de argilomineral formado pelos processos de intemperismo depende da temperatura e da quantidade de chuva. Esse fenômeno explica o aumento da ocorrência de solo lateríticos nas proximidades do Equador já que as fortes precipitações e as elevadas temperaturas favorecem a formação de caulín e óxidos. Sertã (1986) comenta as afirmações feitas por Mitchell (1976) que para uma quantidade de chuva, o processo de intemperismo químico é mais rápido em climas quentes que em climas frios, alias as chuvas intensas erodem o solo e escoam enquanto que as chuvas mais fracas, de longa duração, se infiltram e ajudam na lixiviação.

Uma das características principais do intemperismo é a lentidão com que se desenvolve, com isso, o tempo também é um fator importante na formação dos produtos de alteração. Nos estágios iniciais do intemperismo pode ocorrer a presença de metais alcalinos e alcalino-terrosos e conseqüentemente desenvolver-se em um determinado tipo de produto de alteração. Depois de um longo período de tempo, os álcalis terão sido removidos por lixiviação e se formarão um outro tipo de produto de alteração, com características diferentes do primeiro. Concluindo, os produtos de alteração de uma determinada rocha são diferentes nos estágios inicial e final do intemperismo (Almeida, 1987).

Em geral nos primeiros estágios do intemperismo há predominância do intemperismo físico, que entre outras alterações, produz uma diminuição do

tamanho das partículas e aumento da superfície útil para um ataque químico. Assim, o intemperismo químico tende a ser mais importante nos estágios finais de alteração (Almeida, 1987).

2.5.

Intemperismo nas Rochas Brasileiras.

Vários autores buscam delimitar zonas que apresentem as mesmas características dentro de um maciço rochoso submetido a um processo de intemperismo, mas na prática não existe zonificação real dentro de um perfil, senão uma mudança gradual das características dos materiais com a profundidade, inclusive é difícil definir de uma forma precisa, o limite da rocha sã com o solo residual ou com a rocha decomposta (Sertã, 1986).

Os sistemas de classificação dos perfis apresentam diferentes estados de intemperismo e separam os perfis verticais em diferentes zonas.

Deere e Patton (1971) definem o perfil de alteração como a seqüência de camadas com diferentes propriedades físicas, formadas *in situ* por processos de alteração física e química, e que permanecem recobrando o maciço rochoso. O perfil descrito por eles distingue três zonas: solo residual, rocha alterada e rocha sã.

Barroso (1994) faz um resumo das tentativas feitas por muitos autores ao longo do tempo por zonear os perfis de intemperismo: o autor menciona os trabalhos formulados por Ruxton & Berry (1957) para granitos, também os apresentados por Moye (1955) *et al.* que contribuíram no entendimento do processo de intemperismo dos maciços rochosos. No final da década de 70 e começos de 80 surgiram novas orientações sobre o tema. Dentre estas, destacam-se as recomendações da Geológica Society (1977), ISRM (1981) e IAEG (1981). A ISRM (1981) é uma das mais aceitas (Ver tabela 2.1), sugere um esquema próprio para a classificação de maciços rochosos alterados, a mesma que pode ser modificada e subdividida no caso de situações particulares.

Tabela 2.1 – Esquema para classificação e descrição de maciços rochosos intemperizados (ISRM, 1981).

| TERMO | DESCRIÇÃO | CLASSE |
|-----------------------------|---|--------|
| SÃ | Nenhum sinal visível de alteração da matriz; talvez leve descoloração ao longo das descontinuidades principais. | I |
| LEVEMENTE INTEMPERIZADO | Descoloração indica intemperismo da matriz da rocha e de superfícies de descontinuidades. Toda a matriz da rocha pode estar descolorida pelo intemperismo e pode estar algo mais branda externamente do que na sua condição sã. | II |
| MÉDIANAMENTE INTEMPERIZADO | Menos da metade da matriz da rocha está decomposta e/ou desintegrada a condição do solo. Rocha sã ou descolorida esta presente formando um arcabouço descontínuo ou como núcleos de rocha. | III |
| ALTAMENTE INTEMPERIZADO | Mais da metade da matriz rochosa está decomposta e/ou desintegrada a condição do solo. Rocha sã ou descolorida está presente formando um arcabouço descontínuo ou formando núcleos de rocha. | IV |
| COMPLETAMENTE INTEMPERIZADO | Toda a matriz da rocha está decomposta e/ou desintegrada a condição de solo. A estrutura original do maciço está em grande parte preservada. | V |
| SOLO RESIDUAL | Toda a rocha está convertida em solo. A estrutura do maciço e da matriz da rocha está destruída. Há uma grande variação de volume, mas o solo não foi significativamente transportado. | VI |

Oliveira (1996) recomenda usar a classificação proposta por Pastore (1995), para descrição de perfis de intemperismo baseada, sobretudo, na análise de várias proposições existentes no assunto e nos conceitos adotados em 1985 pelo Comitê de Solos Tropicais da ISSMGE. Esta proposição, que tem por objetivo padronizar as descrições de sondagens, escavações e afloramentos, no âmbito da Geologia da Engenharia, caracteriza sete horizontes em um perfil de alteração completo. As figuras 2.2 e 2.3 apresentam perfis de alteração típicos para os tipos de rocha mais comuns em diferentes tipos de relevo (Oliveira, 1996).

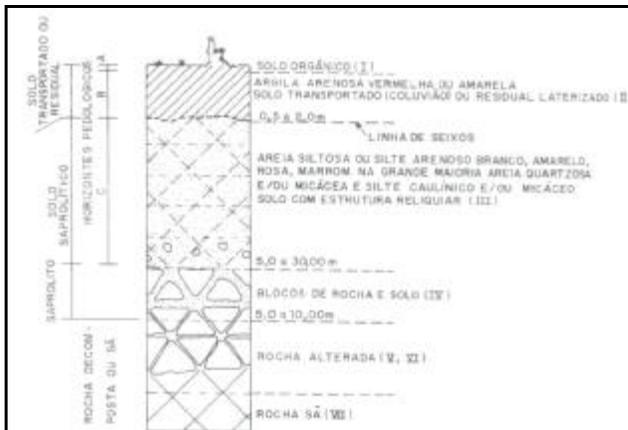


Figura 2.2 – Perfil de Alteração Típico de Rochas Metamórficas e Graníticas em Regiões de Relevo Suave; Pastore apud Oliveira (1995).

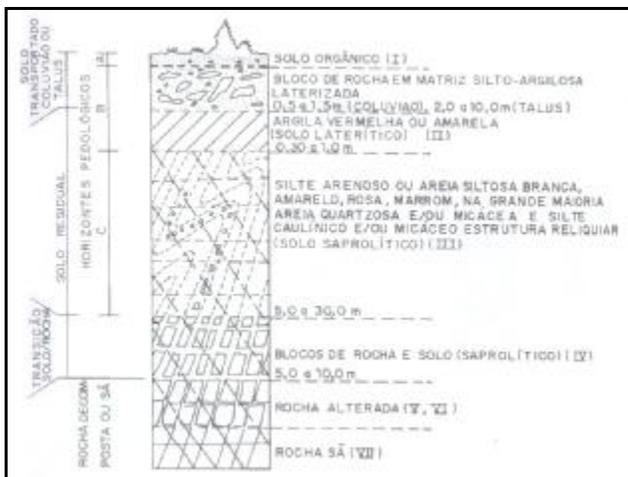


Figura 2.3 – Perfil de Alteração Típico de Rochas Metamórficas e Graníticas em Regiões de Serra; Pastore apud Oliveira (1995).

Melfi *et al.* (1983) estudaram diversos perfis de alteração graníticos de diferentes estados brasileiros, cuja rocha original era formada principalmente por quartzo e feldespato potássico, eles concluíram que em todos os perfis estudados as variações químicas e mineralógicas são extraordinariamente semelhantes, abundância de caulinita formada por alteração do feldespato e pequenas quantidades de smectita e illita em regiões de estação seca pronunciada; em regiões onde predominam as condições climáticas úmidas, a camada de solo saprolítico pode atingir 20 m de espessura de modo que a rocha sã encontra-se somente a 30 m de profundidade. Nessas áreas encontra-se vermiculita e caulinita formadas a partir da alteração da biotita.

2.6.

Variação das Propriedades Geotécnicas com o Intemperismo

As propriedades químicas, físicas e mecânicas variam em uma rocha conforme varia seu grau de intemperismo, em termos gerais pode-se dizer que algumas propriedades aumentam e outras diminuem. Hamrol apud Almeida (1962) menciona que “certo volume de uma rocha é dito ser mais intemperizado que outro volume, da mesma rocha, se as características mecânicas da primeira são mais baixas”, o que deixa claro, que não é suficiente quantificar o grau de intemperismo, é preciso ainda compara-lo como outro estágio de intemperismo do mesmo tipo de rocha para que esta quantificação seja significativa. Esta medida do grau do intemperismo se obtém através dos índices de intemperismo os quais têm sido propostos com base nas propriedades físicas, químicas e mecânicas.

2.6.1.

Índices Físicos

- **Índices de absorção**

Representa a porcentagem de água absorvida pela rocha em relação ao seu peso seco. Para amostras com o mesmo volume e forma, o valor do índice de absorção depende do grau de intemperismo, de forma que quanto maior o grau de intemperismo maior o índice de absorção.

- **Porosidade**

Definida como a relação entre o volume de vazios e o volume total. Conforme aumenta o grau de intemperismo, aumenta a porosidade.

- **Peso Específico**

O peso específico natural é um indicador do grau de intemperismo, uma vez que sofre uma variação significativa com o processo de intemperismo em forma decrescente, porém o peso específico dos grãos não sofre uma variação significativa.

- **Dureza**

A dureza é relacionada com a resistência a compressão simples e o módulo de elasticidade para um grande número de rochas, de modo que, se pode ter uma estimativa desses parâmetros antes da realização do ensaio de compressão simples. A dureza da rocha diminui com o estado de alteração.

Almeida (1987) apresenta os resultados obtidos por Irfam & Dearman (1978) de peso específico aparente seco, índice de absorção, porosidade, velocidade ultrassônica, dureza Schmidt e resistência de ponta para rochas graníticas em 5 estágios de alteração (tabela 2.2).

Tabela 2.2 – Variação dos índices físicos de um granito com o grau de intemperismo (Irfam & Dearman, 1978), extraído de Almeida (1987).

| DESCRIÇÃO | GRAU DE INTEMPERISMO | | PESO ESPECÍFICO DOS GRÃOS γ_g (g/cm ³) | PESO ESPECÍFICO APARENTE SECO γ_d (g/cm ³) | ÍNDICE DE ABSORÇÃO $I_{QAT}\%$ | POROSIDADE EFETIVA $N_{ef}\%$ | POROSIDADE TOTAL $N_t\%$ | VELOCIDADE ULTRASSÔNICA (SECO) m/s | RESISTÊNCIA DE PONTA (SECO) Mn/m ² | DUREZA SCHMIDT SHV |
|--------------------------------|----------------------|---|---|---|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------|------------------------------------|---|--------------------|
| GRANITO SÃO | I | SÃ | 2.65 | 2.61 | 0.13 | 0.27 | 1.56 | 5.400 | 10.0 | 64 |
| GRANITO PARCIALMENTE ALTERADO | II _i -iii | Centro inalterado do bloco III _{ii} | ND | 2.61 | 0.20 | 0.84 | ND | 4.940 | 11.0 | 65 |
| | | Extremidade alterada do bloco III _{ii} | ND | 2.61 | 0.24 | 0.91 | ND | 5.030 | 10.6 | 65 |
| | | Centro inalterado do bloco III _{ii} , | 2.65 | 2.58 | 0.48 | 1.47 | 2.45 | 4.690 | 9.2 | 58 |
| | | Amostra total, III _{ii} 90% alterada | ND | 2.56 | 0.92 | 2.78 | ND | 4.130 | 6.5 | 56 |
| GRANITO COMPLETAMENTE ALTERADO | II _{iv} | Bloco II _{iv} completamente alterado | ND | 2.52 | 1.24 | 3.76 | 4.64 | 3.750 | 6.3 | 52 |
| | | Bloco II _{iv} completamente alterado | ND | 2.52 | 1.32 | 3.78 | ND | 3.670 | 5.2 | 50 |
| GRANITO FRIÁVEL | III-IV | Centro do bloco III | 2.65 | 2.51 | 3.37 | 4.89 | 5.44 | 3.100 | 3.3 | 48 |
| | | Centro do bloco IV | ND | 2.33 | 4.85 | 9.59 | | 2.300 | 1.7 | 39 |
| SOLOGRANÍTICO | V | Solo fracamente cimentado | 2.63 | 2.03 | 9.6 | 20.3 | 22.8 | 780 | 0.3 | 24 |
| | | Solo fracamente cimentado | ND | 2.00 | 11.8 | 20.2 | ND | 650 | 0.1 | 15 |
| | | Solo friável intacto | 2.62 | 1.99 | 11.1 | 22.1 | 24.1 | ND | - | - |
| | | Solo friável intacto | 2.63 | 1.89 | ND | ND | 28.1 | ND | - | - |

2.6.2.

Índices Químicos

Uma particularidade do intemperismo químico é que os novos produtos são estáveis no meio que foram gerados, mantendo-se inalteráveis até que o ambiente mude. Esta particularidade pode ser utilizada como indicador do grau de intemperismo.

Almeida (1987) propõe o trabalho apresentado por Kronberg & Nesbitt (1981) os quais discutiram o intemperismo químico através de um diagrama (ver fig. 2.4), neste diagrama o eixo das abscissas é uma medida do enriquecimento dos óxidos de Al e Si com o processo, representado pela caulinita, gibsitita e quartzo, no eixo das ordenadas é a medida do grau de alteração do feldspato, que é acompanhada pela formação de minerais secundários. Observe-se que a remoção de Na, Mg, K e Ca é representada pelo decréscimo do valor da ordenada, que se aproxima de zero quando os minerais caulíníficos se tornam mais comuns. Com a continuação do processo de decomposição, os minerais caulíníficos devem ser enriquecidos por óxido de alumínio transformando-se em gibsitita, que representa o produto final do intemperismo químico (Almeida, 1987).

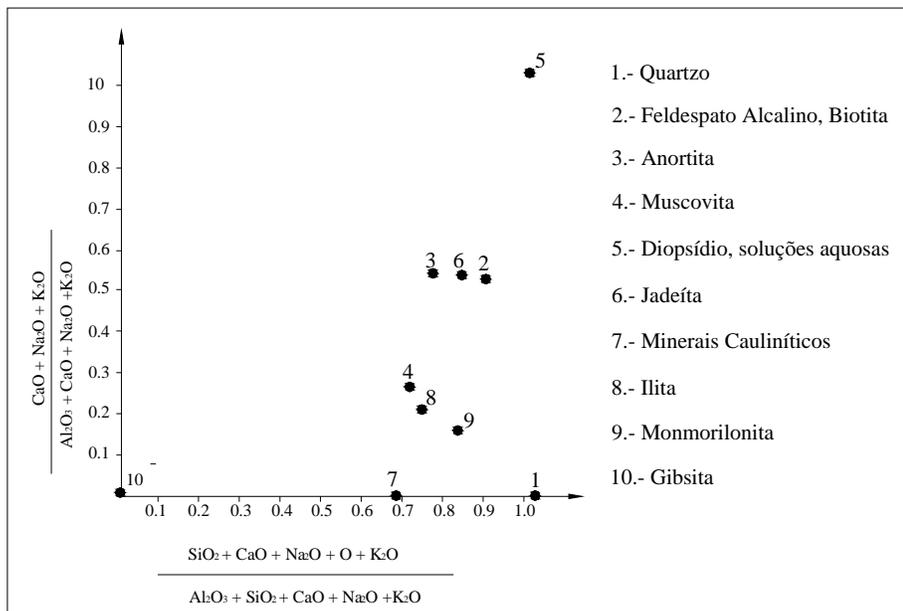


Figura 2.4 – Diagrama de relação do intemperismo químico com respeito à presença de minerais (Kronberg&Nesbitt, 1981); extraído de Almeida,1987).

2.6.3.

Índices Geomecânicos

Os índices geomecânicos fazem referência às propriedades mecânicas da rocha submetida a vários estágios de alteração

- **Índice de Elasticidade**

O índice de elasticidade das rochas (I_e) é dado por:

$$I_e = \frac{E_o - E_w}{E_o} \quad 2.1$$

Sendo:

E_o o módulo de elasticidade da rocha sã,

E_w o módulo de elasticidade da rocha alterada

Este índice varia de 0 a 1, sendo que o valor de zero indica uma rocha sem alteração ($E_w = E_o$) e o valor “um”, indica uma rocha completamente alterada ($E_w = 0$). Em termos gerais pode-se dizer que o módulo de elasticidades das rochas diminui com o grau de alteração.

- **Índice de Resistência**

A resistência de uma rocha diminui com o grau de alteração. O índice de resistência (I_r) é dado por:

$$I_r = \frac{R_o - R_w}{R_o} \quad 2.2$$

Sendo: R_o a resistência à compressão simples da rocha sã,

R_w a resistência à compressão simples da rocha alterada.

O valor deste índice varia de 0 a 1, sendo que o valor zero indica uma rocha sem alteração ($R_w = R_o$) e o valor “um” indica uma rocha completamente alterada ($R_w = 0$).

- **Índice de Cisalhamento**

A resistência ao cisalhamento de uma rocha diminui com o grau de alteração, o índice de cisalhamento é dado por:

$$I_s = \frac{S_o - S_w}{S_o} \quad 2.3$$

Sendo: S_o a resistência ao cisalhamento da rocha sã,

S_w a resistência ao cisalhamento da rocha alterada.

O valor deste índice varia de 0 a 1, sendo que o valor de zero corresponde a uma rocha sem alteração ($S_w = S_o$) e o valor “um”, corresponde a uma rocha completamente alterada ($S_w = 0$).

Almeida (1987) apresenta os valores publicados por Irfan & Dearman (1978) para resistência à compressão simples, módulo de elasticidade e coeficiente de Poisson, para o granito em cinco estágios de alteração. Esses valores comportam-se de forma decrescente com o processo de intemperismo (tabela 2.3).

Tabela 2.3 – Variação dos parâmetros de deformabilidade de um granito com o grau de intemperismo (Irfan & Dearman, 1978), extraído de Almeida (1987).

| DESCRIÇÃO | GRAU DE INTEMPERISMO | | RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO SIMPLES (SECO) Mn/m ² | MÓDULO DE ELASTICIDADE TANGENTE X 10 ⁴ Mn/m ² | COEFICIENTE DE POISSON (1 CICLO) |
|--------------------------------|----------------------|---|---|---|----------------------------------|
| Granito são | I | São | 282 | 6.95 | 0.25 |
| Granito Parcialmente Alterado | II _{i-iii} | Centro inalterado do bloco II _i | 288 | 5.76 | 0.19 |
| | | Extremidade inalterado do II _i | 283 | 6.12 | 0.24 |
| | | Centro inalterado do bloco II _{ii} | 251 | 5.19 | 0.21 |
| | | Amostra total, II _{ii} , 90% alterado. | 219 | 4.02 | ND |
| Granito Completamente Alterado | II _{iv} | Bloco II _{iv} completamente alterado | 197 | 3.25 | ND |
| | | Bloco II _{iv} completamente alterado | 187 | 2.99 | 0.19 |
| Granito Friável | III – IV | Centro do bloco III | 123 | 2.28 | ND |
| | | Centro do bloco IV | 58 | 1.27 | 0.27 |
| Solo Granítico | V | Solo Friável Intacto | 11 | 0.15 | ND |
| | | Solo Friável Intacto | ND | ND | ND |

2.7.

Aspectos Geológicos do Município de Rio de Janeiro

2.7.1.

Geologia Regional

O Rio de Janeiro está localizado em uma área de rochas graníticas e gnáissicas de idade Pré-cambriana, estas estão intruídas por granitos plutônicos alcalinos e rochas intrusivas básicas de idade mais recente (Mesozóico). Estrutural e estratigraficamente a geologia é muito complexa.

O primeiro mapa geológico de Rio de Janeiro foi publicado por Hemboldt *et al.* no ano de 1965. Neste trabalho foi formulada uma série estratigráfica composta por séries metamórficas principais (Série Superior e Série Inferior) cortadas por granitos plutônicos, diques básicos, “stocks” sieníticos e diques alcalinos (Barroso 1994). A tabela 2.4 apresenta um resumo das principais unidades estratigráficas, tipos litológicos e idades, segundo os autores citados.

Tabela 2.4 – Estratigráfica, descrição e idades dos principais tipos litológicos do Rio de Janeiro, segundo Heimboldt et.al. (1965), extraído de Barroso (1994).

| IDADES | | TIPOS LITOLÓGICOS |
|--------------------------|----------------|--|
| TERCIÁRIO CRETÁCEO | | Bostonitos Lamprófiros Fonolito Foialito e Umptekito |
| CRETÁCEO JURÁSSICO | | Diabásios ou Diques de Basalto |
| SILURIANO ORDOVICIANO | | Granitos plutônicos, Aplitos e Pegmatitos |
| PRÉ-CAMBRIANO | SÉRIE SUPERIOR | Microclina gnaisses hololeucocráticos (Leptinitos) Microclina gnaisses com textura facoidal a semifacoidal Kinzigitos Gnaisses chamokíticos Gnaisses calcossilicáticos |
| | | Granodioritos, Quartzodioritos e equivalentes gnaissificados Gnaisses básicos de metamorfismo variado |
| ARQUEANO | SÉRIE INFERIOR | Gnaisses e intrusões básicas a intermediárias indiferenciadas. |
| | | Aplitos, Pegmatitos e Diabásios metamorfisados. Biotita-hornblenda gnaisses Anfibolitos e Migmatitos |

Nas duas últimas décadas, vários autores têm contribuído para melhorar o conhecimento da geologia do Rio de Janeiro. O trabalho apresentado por Pires *et al.* (1994) resume todas estas informações e apresenta uma tentativa de

reinterpretação da geologia da cidade do Rio de Janeiro. O resultado deste trabalho é parcialmente apresentado na figura 2.5.

Barroso (1994) realizou uma descrição macroscópica do Kinzigito o Leptinito e o Gnaiss Augen, que são as variedades de Gnaiss mais comuns que se encontra em Rio de Janeiro.

O kinzigito é uma rocha de cor escura, foliada com biotita, quartzo e matriz de grão fino, rico em plagioclásio, granada, microclina, sillimanita e cordierita. Apresentam dois tipos de texturas: a primeira é de grão fino até médio de natureza inequigranular distribuídas em bandas milimétricas. A segunda é porfiroblástica, com grãos maiores de quartzo e biotita.

O Gnaiss augen é uma rocha com tamanho de grão fino até médio, principalmente composto por microclina (cristais bem desenvolvidos), e uma matriz fina de plagioclásio, biotita, quartzo, granada, minerais opacos e microclina (baixas quantidades). Este tipo de rocha apresenta três tipos de texturas: laminar, augen e semi-augen, e granuloblástica.

Os leptinitos são gnaisses leucocráticos com grão fino até médio, escassamente folheado, sendo comumente encontrado com textura grosseira ou cortado por pegmatitos e aplitos. Sua mineralogia é bastante pobre composta por quartzo, feldspatos alcalinos, plagioclásio, e quantidades menores de biotita e granada.

Geomorfologicamente, a feição característica da paisagem do município do Rio de Janeiro é constituída por morros que se elevam bruscamente quase sem transição da planície. Esse aspecto característico do município é resultado da reunião de diversas ilhas com o continente pelas planícies quaternárias. As ilhas se formaram das partes mais elevadas de um bloco afundado, parte da Serra do Mar; as planícies quaternárias se formaram pelos detritos da Serra do Mar e das próprias ilhas (Britto, apud Sertã (1986)).

O relevo resultante está ligado às características das rochas, ou seja, resistência à desagregação, presença e número de diaclasas, direção e mergulho das camadas nas rochas metamórficas; as condições climáticas e a cobertura vegetal.

As rochas básicas, como diabásios e basaltos sofreram uma decomposição química intensa, seguindo-lhes as biotitas-gnaisses (Sertã, 1986).

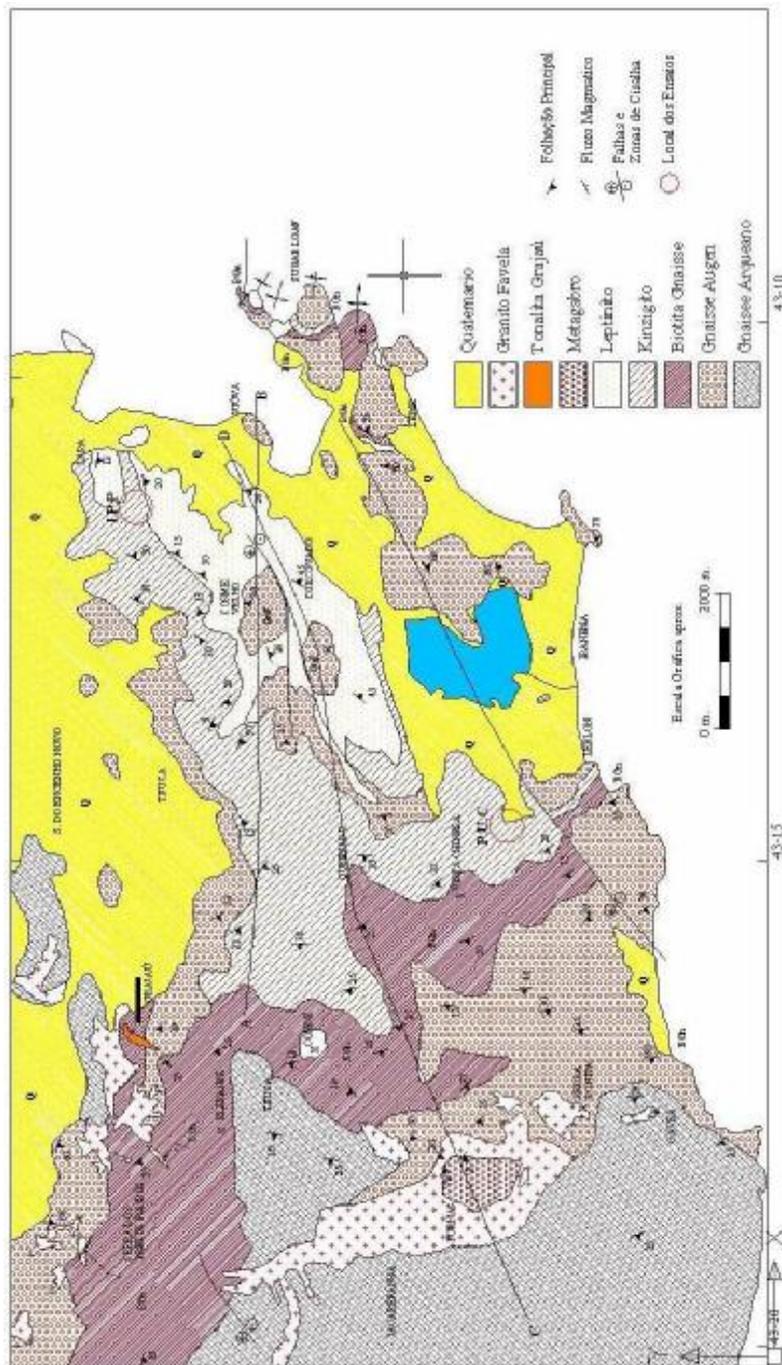


Figura 2.5 – Mapa Geológico do SE do Rio de Janeiro. Pode-se verificar a ocorrência de todos os Gnaisses da Série Superior; Pastore (1995), extraído de Barroso 1994.

2.7.2.

Morfologia típica de perfis de intemperismo em Gnaisses do Rio de Janeiro

Barroso (1994) apresentou uma descrição detalhada dos perfis de intemperismo das rochas gnáissicas do Rio de Janeiro. Algumas das suas características particulares serão descritas a seguir.

2.7.2.1.

Perfil de intemperismo do Kinzigito

Em geral a seqüência completa de material alterado é bastante rara. Os perfis de intemperismo destas rochas estão caracterizados pela presença de camadas de solo bastante espessas (constituem as maiores camadas de solo residuais de Rio de Janeiro) e pelo contato abrupto de materiais rochosos com diferentes graus de intemperismo. Na figura 2.6 é mostrada uma seção transversal de um talude da “Vista Chinesa” onde todos esses aspectos são mostrados.

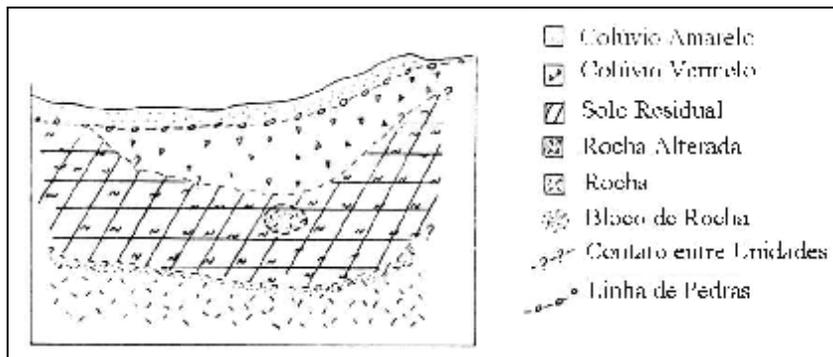


Figura 2.6 – Seção transversal nos materiais da Vista Chinesa; Barroso (1993).

2.7.2.2.

Perfil de intemperismo do Gnaise Augen

Os perfis de intemperismo deste tipo de rocha estão caracterizados pela presença de graus variados de alteração da matriz na frente do intemperismo das rochas, por apresentar também blocos de rocha envolvidos por massa de solo residual e finalmente pela influência de controles estruturais, como pode ser visto na figura 2.7. Na realidade as estruturas geológicas são os contatos entre rochas em diferentes estágios de intemperismo.

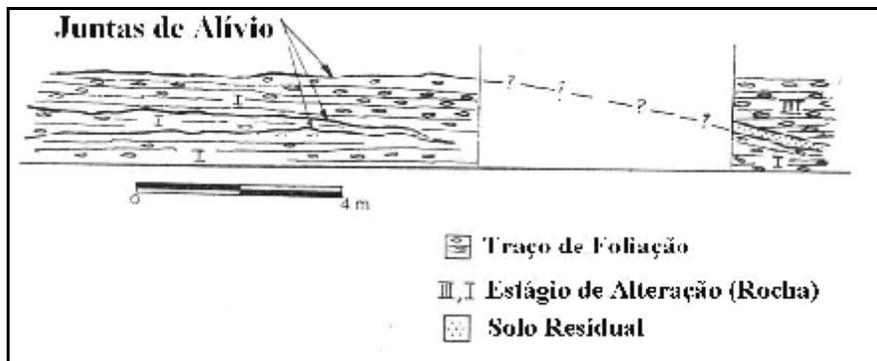


Figura 2.7 – Influência do controle estrutural em um perfil de intemperismo de um Gnaisse Augen; Barroso (1994).

2.7.2.3.

Perfil de intemperismo do Leptinito

No caso do leptinito as discontinuidades estruturais jogam um importante papel no desenvolvimento da morfologia dos perfis de intemperismo. Juntas de alívio ocasionam um zoneamento com uma marcada tendência de redução da intensidade do intemperismo com a profundidade. Este comportamento é influenciado pela densidade e direção das fraturas: quanto mais fraturada a rocha esteja, o intemperismo é mais complexo.

2.7.3.

Classificação dos Maciços Rochosos Intemperizados

Existe uma série de classificações propostas por vários autores para classificar a intensidade e grau de intemperismo das rochas, entre elas destacam-se as classificações da Geological Society (1977), ISRM (1981), IAEG (1981) e mais recentemente Pastore (1995).

Barroso (1994) menciona dificuldades para a aplicação do esquema proposto pela ISRM (1981) para a classificação e descrição dos maciços rochosos do Rio de Janeiro, principalmente na definição das zonas “moderadamente intemperizada” e “altamente intemperizada” por quanto que há uma tendência de super-estimação da primeira classe em detrimento da segunda, além disso a rocha intacta original sofre modificações que individualizam grupos cujas intensidades de intemperismo são distintos uns com outros.

Por este motivo para a classificação dos maciços rochosos ensaiados nesta pesquisa optou-se pela utilização das tabelas de caracterização macroscópica da matriz de alteração desenvolvidas por Barroso (1993) para as variedades mais comuns de gnaisse (kinzigito, gnaisse augen, leptinito). Estas tabelas foram

elaboradas em base a testes feitos na matriz rochosa; as respostas da matriz foram padronizadas e sintetizadas na tabela 2.5.

Tabela 2.5 – Caracterização macroscópica de alteração das principais variedades de gnaisse de Rio de Janeiro; extraído de Barroso (1993).

| ESTÁGIO DE ALTERAÇÃO | GNAISSE FACOIDAL | LEPTINITO | KINZIGITO |
|------------------------------|---|--|--|
| ROCHA SÃ (I) | <p>Todos os minerais esta íntegros perante a observação macroscópica, apenas os feldspatos podem estar com o brilho levemente reduzido.</p> <p>A rocha rompe com extrema dificuldade, necessitando-se de mais de um golpe com o martelo para lascá-la ou quebrá-la. Neste estágio a rocha não pode ser escavada manualmente. Com o uso do canivete pode-se, apenas, arranhar os minerais mais macios como a biotita. Não se consegue arrancar nenhum mineral do arcabouço da rocha.</p> | <p>Os minerais apresentam-se sem alterações perceptíveis, eventualmente os feldspatos podem estar com o brilho levemente reduzido.</p> <p>São necessários vários golpes do martelo geológico para quebrar a rocha. Não é possível escava-la manualmente.</p> <p>Apenas a biotita pode ser arranhada pelo canivete. Nenhum mineral pode ser arrancado do arcabouço da rocha. Os testemunhos NX obtido no laboratório não podem ser quebrados com as mãos.</p> | <p>Os minerais mantém seu brilho, cor e dureza original. Não é possível retirar grãos ou escavar a matriz rochosa.</p> |
| LEVEMENTE INTEMPERIZADA (II) | <p>Os feldspatos perdem seu brilho, enquanto as biotitas e granadas apresentam uma acentuada redução do mesmo e da cor original.</p> <p>A rocha pode ser quebrada com diversos golpes de martelo geológico, não sendo possível escava-la manualmente.</p> <p>As granadas já podem ser arranhadas com dificuldade pelo canivete, embora nenhum mineral possa ser arrancado da rocha.</p> | <p>Os feldspatos, biotitas e granadas mostram redução do brilho vítreo original. As biotitas e as granadas sofrem também mudança de cor. A primeira torna-se acinzentada e a segunda ocre.</p> <p>A rocha é quebrada com diversos golpes do martelo geológico. Não é possível escavá-la manualmente com o auxílio de pás ou espátulas.</p> <p>As granadas e os feldspatos têm sua dureza reduzida, é possível risca-los com dificuldade pelo canivete. Apenas a biotita pode ser eventualmente arrancada da rocha.</p> <p>Testemunhos NX não são quebrados como as mãos.</p> | <p>Os feldspatos perdem parte de seu brilho. Biotitas e granados poderiam se apresentar medianamente oxidados. É possível retirar grãos da matriz rochosa.</p> |

Continua tabela 2.5.

| ESTÁGIO DE ALTERAÇÃO | GNAISSE FACOIDAL | LEPTINITO | KINZIGITO |
|------------------------------------|---|--|---|
| MODERADAMENTE INTEMPERIZADAS (III) | <p>Os feldspatos apresentem-se totalmente descoloridos e, eventualmente argilizados na superfície. Biotitas e granadas apresentam acentuada alteração da cor, sendo que esta última possui claros sinais de oxidação.</p> <p>A ponta do martelo geológico produz entalhe na rocha, que ainda não pode ser escavada manualmente.</p> <p>Feldspatos, biotitas e granadas são arranhados pelo canivete, os dois últimos mais facilmente. Neste estágio algumas biotitas e granadas já podem ser arrancadas da matriz.</p> | <p>Os feldspatos estão descoloridos e argilizados na superfície. Biotitas e granadas revelam acentuada mudança de cor e claros sinais de oxidação.</p> <p>A ponta do martelo geológico produz entalhe raso na superfície da rocha, não sendo possível escavá-la manualmente.</p> <p>Com exceção do quartzo, todos os minerais são riscáveis pelo canivete, biotitas e granadas mais facilmente.</p> <p>Testemunhos Nx não são quebrados com as mãos.</p> | <p>A transformação de feldspato em argila é mais intensa em superfície. A rocha é muito friável e poderia ser facilmente escavada com a mão. Grãos podem ser retirados da matriz sem dificuldade. Óxidos de ferro produto da alteração dos granados e biotitas estão presentes e poderia criar partes duras. É possível escavar a matriz rochosa com um canivete.</p> |
| ALTAMENTE INTEMPERIZADA (IV) | <p>A exceção do quartzo, todos os minerais estão alterados. As granadas estão muito oxidadas e argilizadas. Os feldspatos apresentam-se argilizados em superfície.</p> <p>O golpe do martelo desagrega parcialmente a rocha, e uma pá ou espátula são capazes de escavá-la com grande dificuldade.</p> <p>Todos os minerais, excluindo-se o quartzo, podem ser arranhados pelo canivete, sendo que a granada pode ser arranhada pela unha. O canivete é capaz de produzir um sulco profundo sobre a matriz e grande parte dos minerais podem ser arrancados da amostra.</p> | <p>O único mineral que permanece inalterado é o quartzo.</p> <p>Feldspatos, biotitas e granadas estão argilizados, embora não totalmente.</p> <p>O golpe do martelo produz desagregação parcial da amostra, que neste estágio já pode ser escavada por uma pá ou espátula com grande dificuldade.</p> <p>Todos os minerais, excluindo-se o quartzo, podem ser riscados facilmente pelo canivete. Os minerais já podem ser arrancados pelo canivete.</p> <p>Não se obteve testemunhos Nx neste estágio.</p> | <p>Os feldspatos estão completamente transformados em argilas. Não é possível identificar todos os minerais, mas os grãos de quartzo e de biotita/vermiculita estão envolvidos dentro de uma matriz argilosa fortemente oxidada. Extremamente friável, facilmente escavável pela mão. A matriz rochosa esta mais oxidada que em outros níveis de intemperismo.</p> |